

PEMANFAATAN KULIT DURIAN SEBAGAI ADSORBEN LOGAM BERAT Pb PADA LIMBAH CAIR ELEKTROPLATING

Basaltico Raditya S., Okik Hendiyanto C.

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
e-mail : basaltico@gmail.com

ABSTRAK

Limbah suatu industri bila kurang sempurna pengolahannya dan langsung dibuang ke lingkungan sekitar akan mengakibatkan pencemaran di daerah sekitarnya. Begitu pula dengan limbah kulit durian yang tidak dimanfaatkan dapat menimbulkan permasalahan lingkungan. Dalam penelitian ini di coba suatu metode menggunakan limbah kulit durian sebagai adsorben untuk pengolahan limbah cair elektroplating. Proses adsorpsi limbah kulit durian sebagai adsorben dibedakan atas beberapa ukuran (mesh) yaitu 50, 100, 150 dan 200 mesh dengan variasi waktu kontak 5, 10, 15, 20, dan 25 menit sebagai variabel bebas dalam penelitian, dengan kecepatan pengadukan dan berat adsorben sebagai variabel tetap. Setelah analisa menggunakan Spektrometri adsorpsi dapat dikatakan waktu 25 menit dan ukuran kulit durian 200 mesh paling baik menurunkan kadar Pb dalam limbah elektroplating dengan persen penyisihan sebesar 68.46%.

Kata kunci : Adsorpsi, Elektroplating, Kulit Durian.

ABSTRACT

Waste an industry where less than perfect processing and directly discharged into the environment will lead to pollution in the surrounding area. So also with the durian waste (rind) that is not used can cause environmental problems. In this study in trying a method using durian waste (rind) as material for electroplating wastewater treatment. With durian waste (rind) adsorption process as adsorbent divided into several sizes (mesh) is 50, 100, 150 and 200 mesh with contact time variation 5, 10, 15, 20, 25 minutes as the independent variable in the research with the speed of stirring and weight as an adsorbent fixed variables. After analysis using AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer) can be said within 25 minutes with 200 mesh size durian waste (rind) most well reduce levels of Pb in electroplating waste with percent of qualifying 68.46 %.

Keywords : Adsorption, Electroplating, Durian Waste (rind).

PENDAHULUAN

Industri yang berpotensi menghasilkan limbah yang mengandung logam berat timbal (Pb) terutama adalah industri elektroplating. Salah satu cara mengatasi limbah elektroplating yang mempunyai kandungan logam berat seperti Pb adalah dengan proses adsorpsi (penyerapan)

Adsorpsi adalah serangkaian proses yang terdiri atas reaksi-reaksi permukaan zat padat (adsorben) dengan pencemar (adsorbat), baik pada fasa cair maupun gas. Beberapa penelitian telah dilakukan sebelumnya untuk menyerap logam berat seperti nikel, timbal, kadmium dan krom pada limbah dengan menggunakan berbagai jenis adsorben (Nirmala, Dyah,. 2007). Adsorben yang paling banyak digunakan untuk tujuan ini adalah karbon aktif, Karbon aktif merupakan adsorben yang paling umum digunakan untuk proses adsorpsi karena kapasitas adsorpsinya yang tinggi. Namun demikian, karbon aktif yang tersedia secara komersial memiliki harga yang cukup mahal, oleh karena itu, banyak dilakukan pengembangan untuk mencari adsorben alternatif. Pada penelitian ini, kulit durian, suatu limbah pertanian, digunakan sebagai bahan baku adsorben untuk menyerap logam berat Pb.

Produksi durian lokal di Indonesia yang mencapai 600.000 ton per tahun dan kulit duriannya yang mencapai 400.000 ton per tahun (Trubus, 2010). Merupakan limbah padat yang dapat menyebabkan masalah lingkungan. Kulit durian secara proposional mengandung unsur selulosa yang tinggi (50-60 %), lignin (5%), serta kandungan pati yang rendah (5%) (Hj Violet Hatta, 2007). Penurunan logam berat dapat dilakukan dengan cara pembentukan ikatan kompleks antara selulosa dengan logam berat (Riesta dan Amiruddin, 2004). Pembuatan karbon aktif dari

kulit durian dilakukan dengan metode aktivasi kimia. Kalium hidroksida (KOH) digunakan sebagai agen pengaktivasi kimia. Sehingga dalam penelitian ini kulit durian dimanfaatkan sebagai media adsorpsi untuk menurunkan kandungan logam berat Pb pada limbah elektroplating.

METODOLOGI

Kulit Durian Sebagai Adsorben

Kulit durian merupakan limbah padat yang memiliki potensi untuk dimanfaatkan. Kulit durian memiliki beberapa kandungan seperti minyak atsiri, flavonoid, saponin, unsur selulosa serta lignin. Menurut Primaharinastiti Riesta dan Amiruddin Prawita (2004), penurunan kadar logam berat dapat dilakukan dengan cara pembentukan ikatan kompleks antara selulosa dengan logam berat. Dan mengingat kandungan selulosa yang tinggi pada kulit durian (50 - 60 %) (Hj Violet Hatta, 2007). Maka kulit durian dapat digunakan sebagai adsorben dalam proses penurunan logam berat.

Limbah Cair Elektroplating

Elektroplating adalah proses pelapisan dengan menggunakan arus listrik dalam suatu larutan elektrolit. Logam yang akan dilapiskan bertindak sebagai anoda yang dihubungkan dengan kutub positif dari sumber tegangan, dibenamkan kedalam larutan elektrolit. Logam yang akan dilapisi (benda kerja) berlaku sebagai katoda dan dihubungkan dengan kutub negative dari sumber tegangan. Jika sumber tegangan dinyalakan maka arus akan mengalir melalui larutan elektrolit, sehingga menyebabkan anoda melarut dan selanjutnya menempel pada katoda membentuk suatu lapisan logam.

Prinsip dasar elektroplating adalah penempatan ion-ion logam pelapis diatas susbtrat yang akan dilapisi

melalui metode elektrolisis. Proses pelapisan pada benda kerja dilakukan pada suatu elektrolit yang mengandung senyawa logam. Untuk meningkatkan hantaran arus dapat ditambahkan asam atau basa. Ion logam (Mn^{+}) dalam elektrolit yang bermuatan positif menuju benda kerja sebagai katoda yang bermuatan negatif sehingga ion logam Mn^{+} akan tereduksi menjadi logam M dan mengendap di katoda membentuk lapisan logam (deposit).

Ion logam dalam elektrolit yang telah tereduksi dan menempel di katoda, posisinya akan diganti oleh anoda logam yang teroksidasi dan larut dalam elektrolit atau dari penambahan larutan senyawa logam. Pada anoda terjadi oksidasi.

Apabila proses elektroplating berjalan seimbang maka konsentrasi elektrolit akan tetap, anoda makin lama berkurang dan terjadi pengendapan logam yang melapisi katoda sebagai benda kerja.

Proses elektroplating selain menghasilkan produk yang berguna, menghasilkan pula limbah padat, emisi gas dan cair. Limbah padat berasal dari proses penghilangan kerak, *polishing*, maupun kotoran sisa pada bak elektroplating. Limbah berupa emisi gas pada umumnya berasal dari penguapan larutan elektrolit, uap asam, maupun cairan pembersih. Limbah cair berupa air limbah yang berasal dari pencucian, pembersihan dan proses elektroplating. Air limbah mengandung logam-logam terlarut dan senyawa organik maupun anorganik terlarut lainnya. Air limbah industri elektroplating mengandung berbagai jenis ion logam berat seperti ion kromium (Cr) valensi 3 dan 6, Timbal (Pb), Nikel (Ni), Tembaga (Cu), Seng (Zn), Sianida (CN) dan sebagainya (Ketut Sumada). Daya racun timbal yang akut pada pererairan menyebabkan kerusakan hebat pada ginjal, system reproduksi, hati dan otak serta system

saraf dan bisa menyebabkan kematian (Rukaesih Achmad, 2004).

Logam Berat Timbal (Pb)

Timbal (Pb) atau biasa disebut timah hitam merupakan logam yang lunak, tidak bisa ditempa, memiliki konduktivitas listrik yang rendah dan tergolong salah satu logam berat seperti halnya raksa (Hg), sifat logam timbal yang tahan korosi membuatnya sering dipakai untuk menampung cairan yang bersifat korosif ataupun sebagai konstruksi bangunan.

Pada industri elektroplating, Timbal (Pb) banyak dipakai untuk elektroda pada peralatan elektrolisis, timbal juga digunakan untuk melapis kuningan agar tidak licin.

Timbal (Pb) memiliki nomor atom 82 dan berada pada golongan IVA dalam tabel periodik unsur. Logam pada golongan A lebih beracun bila dibandingkan dengan logam pada golongan B (Gareth M. Evans, 2003).

Sebuah badan di Amerika Serikat (U.S. Agency for Toxic Substance and Disease Registry) mengeluarkan daftar mengenai bahan-bahan berbahaya yang ditemui pada limbah atau buangan berdasarkan toksisitasnya. Berdasarkan daftar tersebut diketahui bahwa logam merupakan kelompok terbesar dalam kategori bahan beracun yang memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap kesehatan manusia. Dalam kelompok logam, diketahui bahwa golongan logam berat menempati urutan pertama, kedua, ketiga, dan keempat masing-masing adalah timbal, merkuri, arsenik, dan kadmium (Hu, 1998).

Adsorpsi

Adsorpsi adalah serangkaian proses yang terdiri atas reaksi-reaksi permukaan zat padat (adsorben) dengan pencemar (adsorbat), baik pada fasa cair maupun gas (Slamet Agus, 2000). Dalam praktek penerapan masih

terbatas pada penggunaan karbon aktif dengan alasan murah dan sebagai penyerap yang tidak selektif. Adsorben (penyerap) merupakan bahan buatan atau alami berstruktur mikrokristal yang mempunyai pori-pori besar (Budi Kamulyan).

Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Adsorpsi

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kapasitas adsorpsi dan kecepatan adsorpsi, diantaranya adalah :

a. Luas permukaan dari adsorben (ukuran partikel)

Proses adsorpsi terjadi dipermukaan partikel. Besarnya adsorpsi akan proposional terhadap luas permukaan yang ada. Ukuran partikel karbon mempengaruhi kecepatan adsorpsi, kecepatan adsorpsi akan meningkat dengan ukuran partikel yang semakin kecil. Oleh karena itu, kecepatan adsorpsi karbon berbentuk powder lebih besar daripada karbon berbentuk granular. Sedangkan kapasitas adsorpsi total tergantung dari luas permukaan total.

b. Karakteristik adsorben

Karakteristik fisik-kimia dari adsorben akan mempengaruhi kecepatan dan kapasitas adsorpsi. Salah satunya adalah ukuran pori. Ukuran pori ini sangat penting dalam proses adsorpsi karena mempengaruhi molekul-molekul adsorbat yang dapat diserap kedalam partikel adsorben. Apabila ukuran molekul-molekul adsorbat lebih kecil dari pada ukuran pori partikel adsorben, maka akan lebih banyak jumlah adsorbat yang dapat diserap. Kandungan atau karakteristik karbon aktif tergantung dari bahan baku yang digunakan dalam pembuatnya.

c. Karakteristik adsorbat

Ada banyak karakteristik adsorbat yang berpengaruh terhadap proses adsorpsi. Beberapa diantaranya adalah kelarutan, ukuran molekul adsorbat,

polaritas adsorbat. Dalam proses adsorpsi dari suatu larutan, kelarutan dari zat terlarut merupakan faktor penentu dalam ksetimbangan adsorpsi. Pada umumnya larutan yang bersifat hidrofilik akan lebih sukar untuk diadsorpsi dibanding dengan larutan yang bersifat hidrofobik.

d. pH (Tingkat Keasaman)

Pada umumnya, adsorpsi polutan organik tertentu dalam air akan meningkat dengan menurunnya nilai pH. Hal ini disebabkan karena terjadinya netralisasi dari muatan muatan negatif pada permukaan karbon dengan meningkatnya konsentrasi ion hidrogen, sehingga menyediakan permukaan aktif pada karbon yang lebih banyak. Nilai pH optimum untuk setiap proses adsorpsi berbeda beda dan dapat diperoleh melalui penelitian laboratorium. Nilai pH efektif untuk adsorpsi phenol adalah pH rendah (<7)

e. Temperatur

Tingkat adsorpsi naik diikuti dengan naiknya temperatur dan turun diikuti dengan turunnya temperatur.

f. Ukuran Molekul Adsorbat

Ukuran molekul-molekul adsorbat akan berpengaruh terhadap proses adsorpsi, karena secara prinsip molekul-molekul adsorbat harus dapat terserap kedalam pori-pori adsorben. Tingkat adsorpsi akan semakin besar dengan semakin besarnya diameter pori dan semakin kecilnya ukuran diameter adsorbat, sehingga dimungkinkan molekul-molekul adsorbat dapat masuk kedalam pori – pori adsorben.

g. Waktu Kontak

Waktu kontak antara adsorbat dengan adsorben sangat mempengaruhi suatu proses adsorpsi. Semakin lama waktu kontak yang terjadi pada suatu proses adsorpsi maka akan semakin besar adsorbat yang teradsorpsi.

h. Agitasi (Pengadukan)

Kecepatan adsorpsi selain dipengaruhi oleh difusi film dan difusi pori juga dipengaruhi oleh jumlah pengadukan dalam system tersebut. Jika proses agitasi yang dilakukan relative kecil maka tahapan proses adsorpsi hanya terjadi hingga tahapan difusi film.

Peralatan dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah : Limbah cair PT. Maspion Unit 1 dan Kulit durian limbah dari Food Festival Pakuwon.

Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini : Kompor pembakaran digunakan untuk membuat arang kulit durian, Ayakan mesh digunakan untuk memperoleh ukuran mesh yang diinginkan, Oven digunakan untuk mengeringkan adsorben, Erlenmeyer 500 ml digunakan untuk analisa hasil akhir, Erlenmeyer 500 ml digunakan untuk proses pengadukan, Kertas saring digunakan untuk menyaring, Shaker digunakan digunakan untuk proses adsorpsi secara batch, Timbangan digunakan untuk menimbang berat kulit durian, Corong digunakan untuk proses penyaringan, pH meter digunakan untuk mengukur pH limbah.

Variabel Perlakuan

1. Ukuran mesh karbon aktif kulit durian sebagai adsorben : 50, 100, 150, 200 mesh.
2. Waktu kontak : 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit

Variabel Tetap

1. Kecepatan pengadukan 200 rpm.
2. Volume sampel limbah 250 ml.
3. Berat adsorben 5 gram (Setelah Aktivasi).

Percobaan Penelitian

Cara Kerja :

1. Kulit durian yang telah dikumpulkan di cuci bersih lalu dijemur dibawah sinar matahari sampai seefisien mungkin kandungan airnya hilang.

2. Melakukan proses karbonisasi dengan melanjutkan pemanasan kulit durian dengan suhu 350°C tanpa kontak dengan oksigen yang terbatas selama 1 jam sampai menjadi arang yang berwarna hitam.
3. Proses penumbukan arang kulit durian untuk memperoleh ukuran-ukuran yang diinginkan.
4. Pengayakan untuk memisahkan ukuran-ukuran arang kulit durian yang berbeda
5. Aktivasi kulit durian yang telah menjadi arang dengan larutan KOH pada suhu tidak lebih dari 40°C
6. Kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 120°C selama 3 jam.
7. Masukkan dalam desikator. Setelah dingin, arang dicuci dengan aquadest sampai bersih dari sisa aktivator. Kemudian dikeringkan (dengan cara diangin-anginkan).
8. Air limbah diambil dan ditaruh kedalam beaker glass untuk diketahui kandungan pH awalnya.
9. 250 ml air limbah ditaruh kedalam masing-masing 5 Erlenmeyer.
10. Siapkan shaker dengan kecepatan pengadukan 200 rpm.
11. Limbah tersebut lalu dimasukan karbon aktif dengan ukuran mesh berbeda dengan berat 5 gr secara bersamaan.
12. Kemudian diaduk dengan shaker dengan kecepatan pengadukan 200 rpm selama masing-masing rentang waktu.
13. Setelah melalui proses diatas maka akan diendapkan dahulu selama beberapa menit.
14. Setelah diendapkan, larutan lalu di saring menggunakan kertas saring. Dituang kedalam Erlenmeyer.
15. Setelah proses ini masing-masing akan di ukur konsentrasi pH menggunakan pH meter.

16. Setelah diendapkan, sampel tersebut akan di analisa kandungan logam berat dengan AAS (*atomic absorption spectroscopy*).
17. Lakukan percobaan seperti 1 s/d 8 untuk ukuran mesh kulit durian dan rentan waktu yang berbeda berbeda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian proses adsorpsi logam berat Pb menggunakan Karbon aktif kulit durian pada limbah electroplating 250 ml dengan berat adsorben 5 gr dan kecepatan pengadukan 200 rpm diperoleh hasil sebagai berikut :

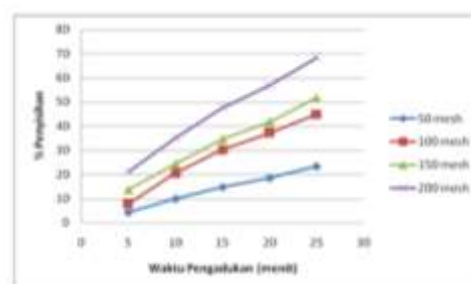
Tabel 1 Pengaruh Ukuran karbon dan waktu kontak pengadukan terhadap penyerapan logam Pb dalam air limbah elektroplating.

Ukuran karbon aktif (mesh)	Waktu kontak (menit)	Konsentrasi Pb (mg/l)	Persen penyisihan (%)
50	0	88,56	0
	5	84.77	4.28
	10	79.84	9.85
	15	75.56	14.68
	20	72.18	18.50
	25	67.90	23.33
100	0	88,56	0
	5	81.57	7.89
	10	70.40	20.51
	15	61.81	30.21
	20	55.63	37.18
	25	48.79	44.91
150	0	88,56	0
	5	76.46	13.66
	10	66.96	24.39
	15	57.88	34.64
	20	51.60	41.73
	25	42.69	51.80
200	0	88,56	0
	5	69.87	27.10
	10	57.54	35.03
	15	46.36	47.65
	20	38.15	56.92
	25	27.93	68.46

Berdasarkan tabel 1 diatas dapat di lihat bahwa persen penyisihan terbaik adsorpsi logam Pb pada limbah elektroplating untuk karbon aktif ukuran 50 ; 100 ; 150 ; dan 200 mesh di dapat pada waktu kontak 25 menit dengan

persen penyisihan berturut-turut sebesar 23.33% ; 44.91% ; 51.80% ; dan 68.46%. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran karbon aktif dengan waktu kontak yang sama, akan menghasilkan konsentrasi Pb yang semakin menurun. Sementara persen penyisihan akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan semakin kecil ukuran karbon aktif semakin `banyak jumlah unit adsorben sehingga luas kontak semakin besar sehingga Pb yang terserap semakin banyak (Erni Misran, 2009).

Berdasarkan dari tabel 1 diatas maka dapat dilihat grafik removal Pb berdasarkan ukuran (mesh) dan waktu (menit) berikut :



Gambar 1 Pengaruh Ukuran karbon dan waktu kontak pengadukan terhadap penyerapan logam Pb dalam air limbah elektroplating.

gambar 1 diatas dapat dilihat bahwa ukuran terbaik persen penyisihan untuk penyerapan logam berat Pb adalah pada ukuran mesh 200. Pada ukuran mesh 200 di dapat persen penyisihan berturut-turut sebesar 27.10 ; 35.03 ; 47.65 ; 56.92 ; dan 68.46 untuk waktu pengadukan 5 ; 10 ; 15 ; 20 ; dan 25 menit. Kapasitas adsorpsi mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya waktu kontak (Erni Misran, 2009). Bila dibandingkan dengan hasil penelitian lain yang dilakukan maka prosentase adsorpsi limbah kulit durian ini masih lebih rendah namun dapat dikatakan sudah cukup baik. Adsorben *teawaste* atau

ampas teh mampu mengadsorpsi 94 – 100% Pb dengan dosis 0,5 dan 1,5 gram per 100 ml larutan (Mahvi, 2005). Namun demikian prosentase adsorpsi yang diperoleh kulit durian ini masih lebih baik dibandingkan kemampuan kayu meranti yang sebesar 18,244% dalam menyerap Pb (Primaharisanstuti Riasta dan Amirudin Prawira, 2004).

Tabel 2 Pengaruh Waktu Kontak Dan Ukuran Karbon terhadap Nilai pH.

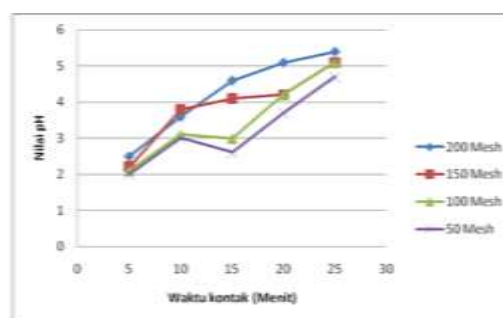
Ukuran karbon aktif (mesh)	Waktu kontak (menit)	pH
50	0	1.2
	5	2
	10	3
	15	2.6
	20	3.7
	25	4.7
100	0	1.2
	5	2.1
	10	3.1
	15	3
	20	4.2
	25	5.1
150	0	1.2
	5	2.2
	10	3.8
	15	4.1
	20	4.2
	25	5.1
200	0	1.2
	5	2.5
	10	3.6
	15	4.6
	20	5.1
	25	5.4

Dari tabel 2 diatas dapat dijelaskan bahwa pH awal adalah 1,2 hal ini disebabkan karena limbah electroplating banyak mengandung senyawa H^+ yang berasal dari proses *pickling* yaitu proses pencelupan setelah *degreding* atau proses pembersihan dari kotoran,minyak, cat atau lemak ke larutan *pickling* dalam proses electroplating yang menggunakan asam klorida (HCL), asam klorida berfungsi untuk menghilangkan kerak pada permukaan benda selain itu terdapat proses *etching* yaitu proses pembukaan

pori-pori dengan larutan asam agar mempermudah proses penempelan logam di permukaan benda yang akan dilapisi.

pH larutan mempunyai pengaruh dalam proses adsorpsi, karena akan mempengaruhi muatan permukaan adsorben, karena sifat limbah yang asam ini maka digunakanlah aktivator yang bersifat basa (KOH) hal ini dimaksudkan agar karbon aktif dapat menaikkan pH dalam larutan sehingga dapat mempengaruhi proses adsorpsi. (Riapanitra, dkk, 2006).

Dari tabel 2 tersebut dapat dibuat grafik fluktuasi pH berdasarkan waktu kontak dan penambahan adsorben dalam limbah cair elektroplating.



Grafik 2 Pengaruh Waktu Kontak Dan Ukuran Karbon terhadap Nilai pH

Dari gambar 2 di atas dapat dilihat grafik konsentrasi pH yang fluktuatif. Kondisi fluktuatif terjadi pada waktu pengadukan 10 dan 15 menit dimana terjadi penurunan dari pH 3, ke pH 2,6 untuk ukuran 50 mesh serta dari pH 3.1 ke pH 3 untuk ukuran 100 mesh. Hal ini terjadi karena kurang telitian dan kesabaran peneliti dalam melakukan kalibrasi alat pH. Tetapi penurunan pH tersebut tidak terlalu berpengaruh terhadap proses adsorpsi.

Pada kondisi pH asam proses penyerapan semua ion menjadi rendah karena permukaan adsorben pada pH dikelilingi ion H^+ sehingga akan terjadi

tolakan antara permukaan adsorben dengan ion Pb, sehingga proses adsorpsi belum maksimal (Sembiring, 2009).

Menurut Nurhasni, et al (2002), Derajat keasamaan yang tepat dalam proses adsorpsi menggunakan karbon aktif adalah sekitar 5-6. Pada grafik 4.2 diatas menunjukkan kondisi pH terbaik terjadi pada ukuran 200 mesh dan waktu pengadukan 25 menit dengan nilai pH 5,4.

Sedangkan pada pH netral atau cenderung basa efisiensi adsorpsi juga menurun, hal ini disebabkan karena ion Pb dapat mengalami reaksi hidrolisis dalam larutan sehingga tidak stabil dan menyebabkan kemampuan karbon aktif untuk menyerap ion Pb menurun. Pada kondisi pH basa, ion logam dapat membentuk endapan hidroksida sehingga proses adsorpsi sulit terjadi (Utomo et al., 2006).

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Karbon Aktif Kulit Durian sebagai adsorben dapat digunakan menurunkan logam berat Pb karena mampu menghilangkan senyawa logam berat Pb dari limbah electroplating.
2. Semakin kecil ukuran partikel karbon aktif, maka daya adsorpsinya semakin besar.
3. Penyisihan terbaik dengan menggunakan adsorben Karbon Aktif Kulit Durian ini di dapat pada nilai pH 5,4, ukuran adsorben 200 mesh, dan waktu pengadukan 25 menit, yang menghasilkan efisiensi adsorpsi sebesar 68,46 %.
4. Koefisien difusi adalah masa transfer dari permukaan padat ke dalam pori-pori karbon, dari hasil perhitungan di dapat nilai D_s sebesar $5 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{s}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Rukaesih. 2004. *Kimia Lingkungan*. Andi. Jakarta
- Hj. Violet Hatta. 2007. *Manfaat Kulit Durian Selezat Buahnya*. Jurnal, UNLAM
- Pujiastuti, C., Adi, Erwan., Setyorini., D.T., Prabowo. 2008. *Adsorpsi Logam Timbal Dalam Limbah Elektroplating Dengan Sekam Padi*. Jurnal, UPN "Veteran" Jawa Timur, Surabaya
- Briket Arang Sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Jurnal, Teknik Kimia DIII. Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- Misran, Erni. 2009. *Pemanfaatan Kulit Coklat dan Kulit Kopi Sebagai Adsorben Ion Pb dalam Larutan*. Medan, Universitas Sumatera Utara.
- Nurhasni. 2002. *Penggunaan Genjer (Limnocharis Flava) untuk Menyerap Ion Kadmium, Kromium, dan Tembaga dalam Air Limbah*. Tesis. Padang, Universitas Andalas.
- Mahvi, et al. 2005. "Teawaste as an adsorbent for heavy metal removal from industrial wastewater". American Journal of Applied Sciences.
- Riesta, Primaharisnastiti dan Prawita, Amirudin. 2004. *Pemanfaatan Serbuk Kayu Meranti (Shorea spp.) untuk Eliminasi Cemar Logam Berat Beracun Timbal (Pb)*. Surabaya, Universitas Airlangga.
- Refilda., Rahmania Zein., Rahmayeni. 2001. *Pemanfaatan Ampas Tebu Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Penyerap Sintetik Logam-logam Berat Pada Air Limbah*. Skripsi. Padang, Universitas Andalas.
- Sumada, Ketut. 2006. *Kajian Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri*

Electroplating Yang Efisien.
Jurnal, UPN “Veteran” Jawa
Timur, Surabaya

David O. Cooney. 1998. *Adsorption
Design for Wastewater
Treatment.* Lewis Publishers.
Florida